



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Algoritmos Genéticos e Evolucionários

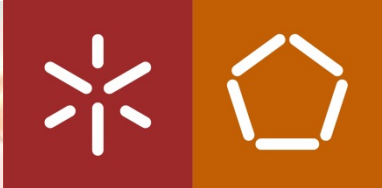
Cesar Analide, Paulo Novais, José Neves



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Definição

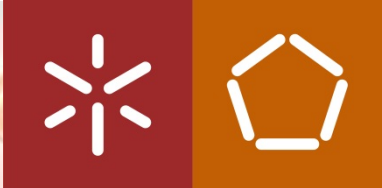
- Procedimento **iterativo** que mantém uma **população** de estruturas **candidatas a soluções**, para domínios específicos.
- A cada incremento de tempo (**geração**), as estruturas da população corrente são avaliadas na sua capacidade de serem soluções válidas para o domínio do problema, sendo formada uma **nova população** de soluções candidatas, baseada na sua avaliação, desenvolvida pela aplicação de **operadores genéticos** (seleção, cruzamento, mutação, purificação, entre outros).



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Enquadramento

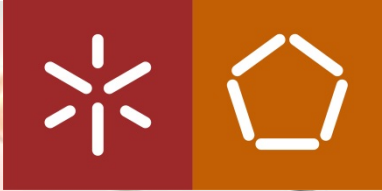
- Algoritmos Genéticos configuram processos adaptativos de procura, num espaço de soluções, por aplicação de operadores modelados de acordo com o **conceito de herança**, inerente à teoria da evolução das espécies, de Charles Darwin;
- AG's pertencem à classe de algoritmos probabilísticos, mas distinguem-se pelo método de procura que utilizam e pelo tratamento específico dos ótimos locais;
- Aplicam-se:
 - em problemas que envolvem a **melhoria de soluções** (problemas de otimização);
 - em problemas cujo **cálculo** de soluções é **difícil ou impossível**.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Modelo de Representação

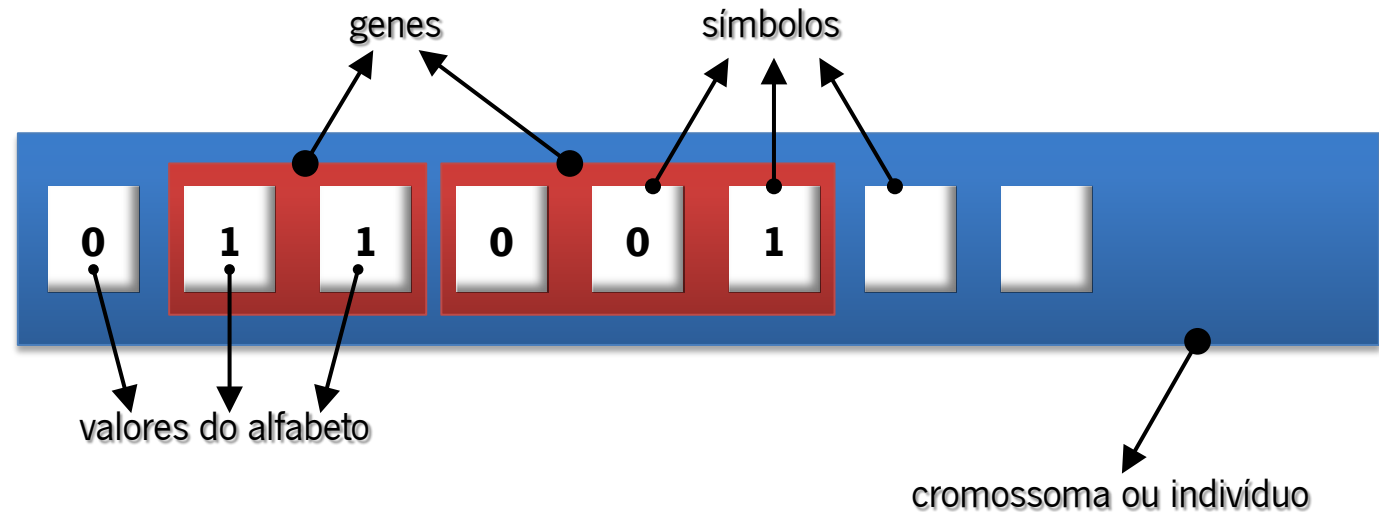
- O **ambiente**, os **inputs** e os **outputs** são representados por **conjuntos de símbolos**, de **tamanho fixo**, de um dado alfabeto:
 - o $\{ 0; 1 \}$
 - o $\{ X; Y; Z \}$
 - o $\{ i; ii; iii; iv; v; \dots \}$
 - o $\{ \rightarrow \}$
 - o $\dots$



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Modelo de Representação

- Cada ponto, no domínio do ambiente, pode ser considerado um **indivíduo**, representado por uma sequência (string) gerada a partir do alfabeto, constituído na forma:

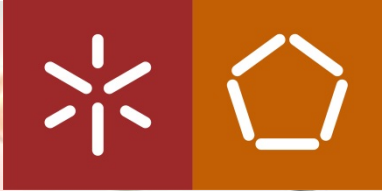




Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Modelo de Representação

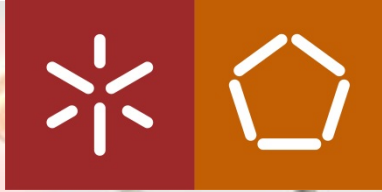
- Num determinado instante de tempo, o sistema é caracterizado por uma **população** (conjunto de strings), representando o **conjunto atual de soluções** do problema;
- A **evolução** é baseada numa **estratégia adaptativa**, pela aplicação de um processo de **medição do desempenho** (fitness) da população (conjunto de soluções);
- O **tempo** é medido em intervalos discretos, designados **gerações**, definindo as transições de estado originadas.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Representação do Problema

- A entidade básica para a representação do conhecimento é o **cromossoma**, composto por **genes**;
- Supondo a utilização de uma codificação binária:
 - Para representar 8 valores (p.ex., as 7 cores do arco íris mais o preto):
 - utilizar 3 símbolos em 1 gene $\rightarrow 2^3 = 8$
 - Para representar 5 valores (p.ex., para representar os dedos de uma mão ou as cores da íris do olho):
 - utilizar 3 símbolos em 1 gene $\rightarrow 2^3 = 8 > 5$
 - utilizar 2 símbolos em 1 gene $\rightarrow 2^2 = 4 < 5$

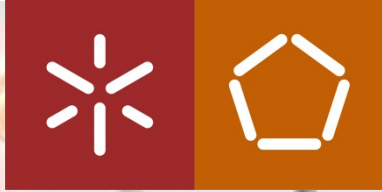


Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Avaliação das Soluções

- A função objetivo:
 - pode ser explícita/conhecida ou implícita/desconhecida;
 - pode ser conhecida e coincidente com a resolução do problema;
 - pode ser conhecida, mas, por exemplo, ser demasiado complexa para calcular;
 - pode não estar definida ou não ser conhecida, pelo que a avaliação deverá refletir outra forma de medida (aproximada);

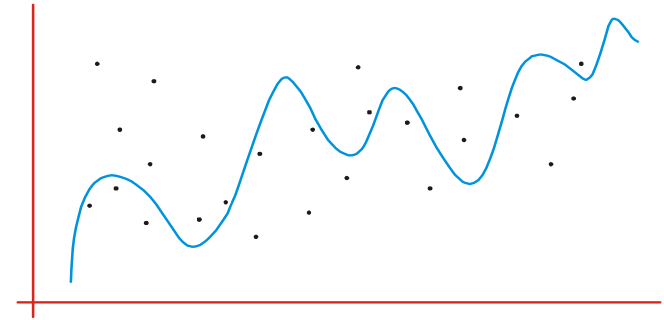
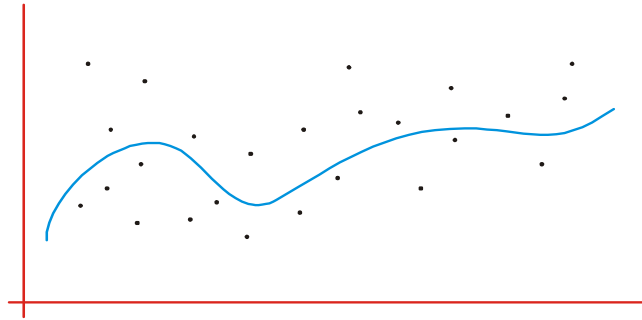
▪ $\square (\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}) = X$



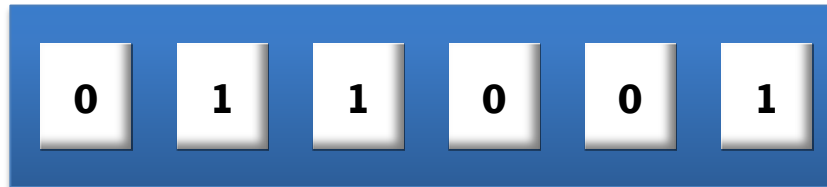
Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Avaliação das Soluções

- A função de avaliação deve ser **suave** e **regular** no sentido de evitar que a procura “caia” frequentemente em máximos/mínimos locais;



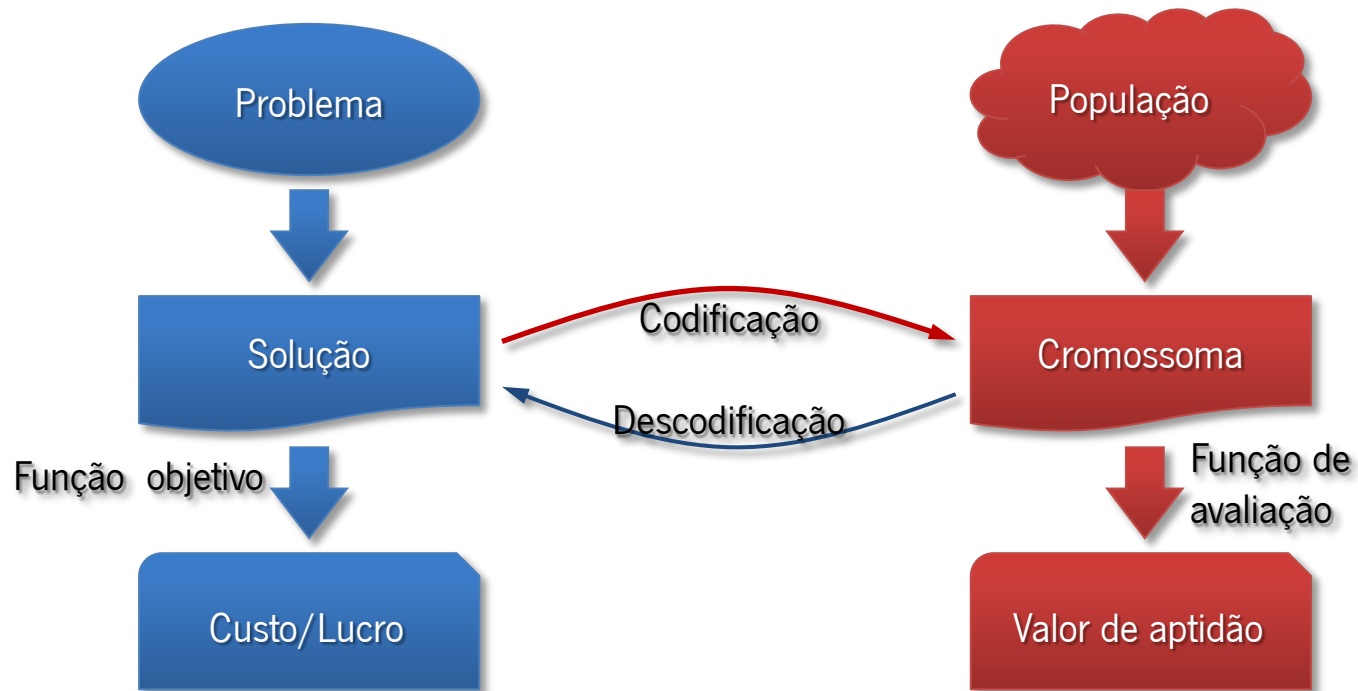
- ☐ (0 1 1 0 0 1) = X

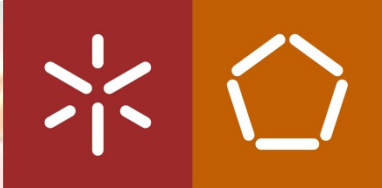




Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Avaliação das Soluções

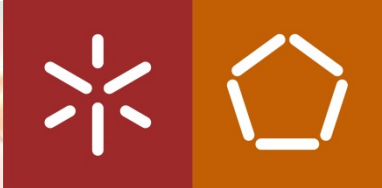




Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Seleção

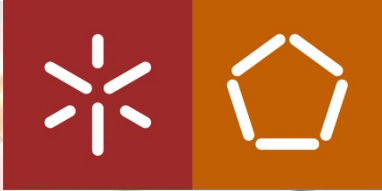
- A **Seleção** de progenitores para reprodução deve garantir que os indivíduos com maior valor de aptidão tenham, proporcionalmente, mais descendentes;
- Idealmente, cada indivíduo deverá ser representado por um número de descendentes equivalente ao **rácio** entre o seu **valor de aptidão** e o **valor médio da população**;
- Existem diversas estratégias de Seleção:
 - Seleção por Classificação;
 - Método da Roleta.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Cruzamento

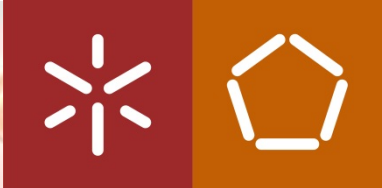
- O operador genético **Cruzamento** é uma analogia com a reprodução sexuada dos seres vivos;
- O objetivo do cruzamento é o de conseguir, nos descendentes, uma **combinação do material genético** dos progenitores;
- O operador Cruzamento é aplicado a **dois indivíduos** da população, produzindo **outros dois indivíduos** para a população da geração seguinte;
- Utiliza-se o parâmetro **Taxa de Cruzamento** (Cr), para definir a probabilidade de aplicação deste operador.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Mutação

- O operador genético **Mutação** pretende ser uma analogia com a mutação genética dos seres vivos;
- A mutação é um operador genético unário: aplica-se a **um indivíduo** da população para gerar **um novo indivíduo** para a população seguinte;
- A **Taxa de Mutação** (M_r) define a probabilidade de acontecer numa determinada posição de um determinado indivíduo da população.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Ciclo de Execução

- População Inicial:

- A população inicial é escolhida **aleatoriamente**.

População inicial



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

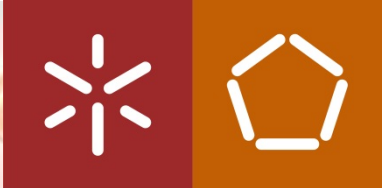
Ciclo de Execução

▪ Reprodução:

O A **Reprodução** é composta pela **Avaliação** e pela **Seleção**:

- a **Avaliação** consta da aplicação da função de avaliação a todos os indivíduos da população;
- as estruturas da próxima geração são obtidas por **Seleção** dos membros da geração anterior, através de um processo que deve garantir a escolha das estruturas com melhor desempenho.



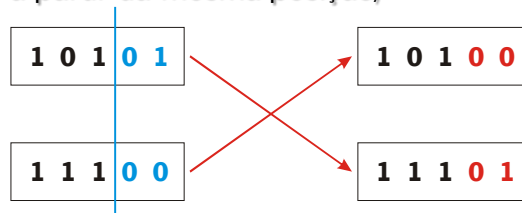


Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Ciclo de Execução

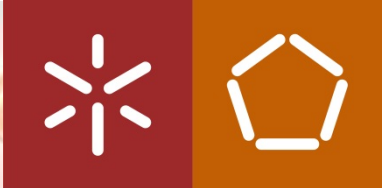
- Cruzamento:

- A pares de elementos, **cruzam-se os valores** a partir da mesma posição;



- esta operação permite criar novos pontos de desenvolvimento, dentro do mesmo problema.





Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Ciclo de Execução

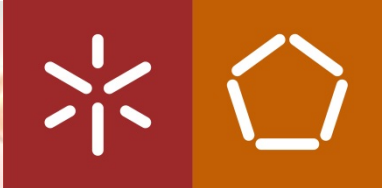
▪ Mutação:

- o Cria novos elementos, modificando um ou mais símbolos, escolhidos ao acaso;

0 1 1 1 1 → 0 1 0 1 1

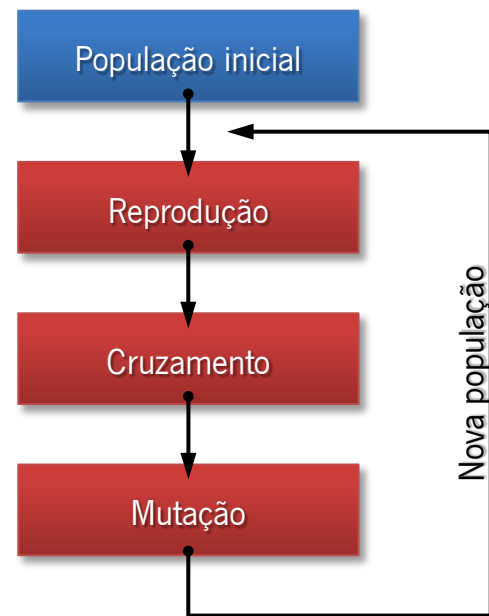
- o Aplica-se com baixa probabilidade;
- o Garante que é sempre possível chegar a qualquer posição do problema;
- o Previne a perda total de informação pela seleção e eliminação.

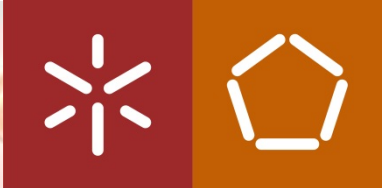




Algoritmos Genéticos e Evolucionários

- Ciclo de Execução**
- A **Nova População**, obtida pela aplicação dos operadores genéticos é, novamente, submetida ao mesmo Ciclo de Execução.

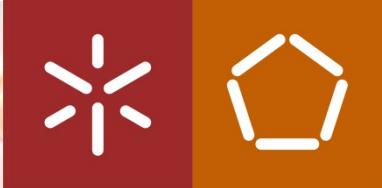




Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Resultados

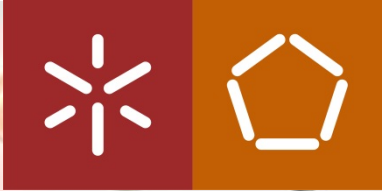
- Algoritmos Genéticos representam um vasto leque de **métodos de otimização** global;
- Não utilizam funções derivadas para a procura de soluções ótimas, o que evita “a tentação” de cair em **ótimos locais**;
- A resolução de um problema utilizando AG's propõe um conjunto de soluções:
 - especialmente útil em problemas de otimização de múltiplos objetivos;
 - potencia o paralelismo na procura de soluções.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Parâmetros Genéticos

- Tamanho da População (N):
 - uma **população pequena** pode provocar um mau desempenho, por não cobrir adequadamente o espaço do problema, originando soluções locais;
 - uma **população grande** pode evitar os problemas anteriores, mas pode afetar a eficiência computacional do sistema.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Parâmetros Genéticos

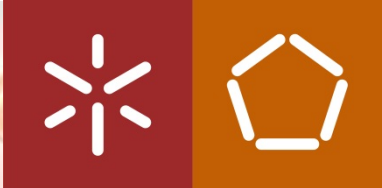
- Tamanho da População (N);
- Taxa de Cruzamento (Cr):
 - quantidade de cromossomos utilizados para cruzamento: $N \times Cr$.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Parâmetros Genéticos

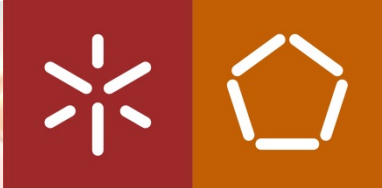
- Tamanho da População (N);
- Taxa de Cruzamento (Cr);
- Taxa de Mutação (Mr):
 - a mutação é utilizada para aumentar a variabilidade da população;
 - cada gene tem uma probabilidade finita de mudar;
 - uma **baixa taxa** de mutação permite que um gene “gele” num valor;
 - uma **alta taxa** de mutação resulta numa procura aleatória de soluções;
 - sendo L o comprimento do cromossoma, ocorrerão $Mr \times N \times L$ mutações.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Parâmetros Genéticos

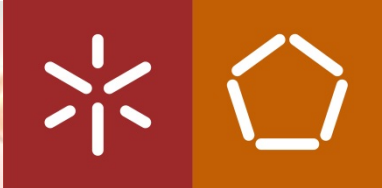
- Tamanho da População (N);
- Taxa de Cruzamento (Cr);
- Taxa de Mutação (Mr);
- Taxa de Substituição (Generation Gap - Gr):
 - controla a percentagem da população a ser substituída em cada geração;
 - são substituídos $N \times Gr$ estruturas da população;
 - se $Gr = 1$, significa que toda a população deve ser substituída durante cada geração.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Parâmetros Genéticos

- Tamanho da População (N);
- Taxa de Cruzamento (Cr);
- Taxa de Mutação (Mr);
- Taxa de Substituição (Generation Gap - Gr);
- Estratégia de Seleção:
 - a reprodução é feita com base na proporção do valor de fitness das estruturas da população atual;
 - as estruturas com melhor desempenho são as que passam para a próxima geração.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Parâmetros Genéticos

- Tamanho da População (N);
- Taxa de Cruzamento (Cr);
- Taxa de Mutação (Mr);
- Taxa de Substituição (Generation Gap - Gr);
- Estratégia de Seleção;
- Função de Avaliação:
 - serve para manter a diversidade da população durante a evolução;
 - o surgimento de um “super cromossoma” dominante na população deve ser evitado, para que o problema seja eficientemente explorado.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Outras abordagens: Representação

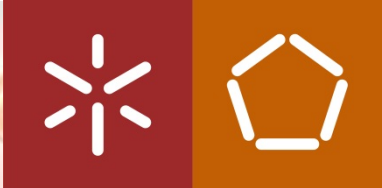
- Representações Reais:
 - o Mais próximas dos problemas reais;
 - o O Cruzamento altera “genes” e não símbolos dos genes;
 - o A Mutação substituirá o valor de um gene por outro valor aleatório;
- Representações Inteiras;
- Representações Baseadas em Permutações;
- Representações Ordinais.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Outras abordagens: Representação

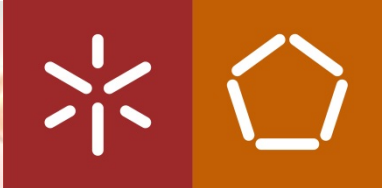
- Representações Reais;
- Representações Inteiras:
 - Para situações em que o domínio de soluções é discreto;
 - O Cruzamento tem o mesmo significado que anteriormente;
 - A Mutação implica maior esforço computacional: escolha aleatória ou sequencial;
- Representações Baseadas em Permutações;
- Representações Ordinais.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Outras abordagens: Representação

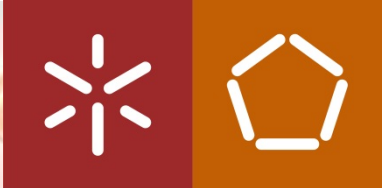
- Representações Reais;
- Representações Inteiras;
- Representações Baseadas em Permutações:
 - o A ordem dos genes no cromossoma não é relevante;
 - o Cada indivíduo é construído pela permutação de um conjunto de valores;
 - o Não são admitidos valores repetidos;
 - o O comprimento do cromossoma é dado pela cardinalidade do alfabeto;
- Representações Ordinais.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Outras abordagens: Representação

- Representações Reais;
- Representações Inteiras;
- Representações Baseadas em Permutações;
- Representações Ordinais:
 - São uma “manipulação” das Representações Baseadas em Permutações;
 - Tem o objetivo de permitir utilizar os operadores genéticos de Cruzamento e de Mutação de representações binárias;
 - O valor de cada gene é um inteiro do intervalo $[1, N-i+1]$.

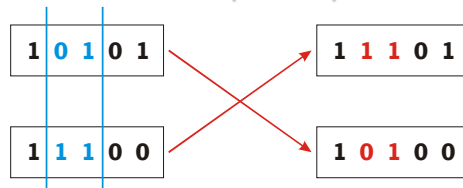


Algoritmos Genéticos e Evolucionários

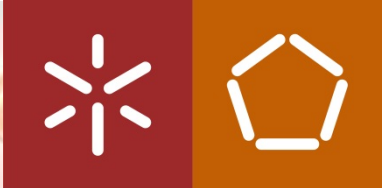
Outras abordagens: ■ Cruzamento de dois pontos:

Cruzamento

- o Os indivíduos formam “aneis”;
- o Utilizam-se dois pontos para marcar o início e o fim do material de cruzamento;



- Cruzamento uniforme.



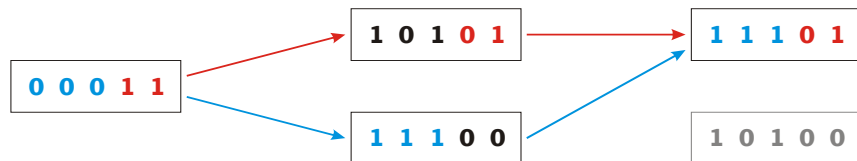
Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Outras abordagens: ■ Cruzamento de dois pontos;

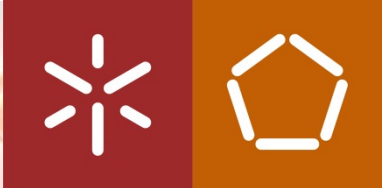
Cruzamento

■ Cruzamento uniforme:

- Utiliza-se uma máscara binária, gerada de forma aleatória;
- Na posição em que a máscara tem o valor “1”, o descendente adota o valor do primeiro progenitor; quando o valor é “0”, copia-se o valor do segundo progenitor;



- Para o segundo descendente procede-se de forma inversa.



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Referências eletrônicas

- <http://geneticalgorithms.ai-depot.com/>
- <http://math.hws.edu/eck/jsdemo/jsGeneticAlgorithm.html>
- <http://jgap.sourceforge.net/>



Algoritmos Genéticos e Evolucionários

Referências bibliográficas

- David Goldberg, “Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning”, Addison Wesley, 1989
- Miguel Rocha, José Neves, “Computação Genética e Evolucionária”, Universidade do Minho, 2000



Intelligent Systems Lab

Contactos

- Universidade do Minho
- Escola de Engenharia
- Departamento de Informática
- <http://islab.di.uminho.pt>
- DI-3.22